FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1924

THÈSE

N° 332

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Marcel SOLMIAC

Né le 7 Août 1896, à Paris

Attaché au Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DES

ATMOSPHÈRES CONFINÉES

Président : M. DESGREZ, *Professeur*

PARIS

LIBRAIRIE LITTÉRAIRE ET MÉDICALE

Louis ARNETTE

2, Rue Casimir-Delavigne, 2

1924

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1924

THÈSE

N° 332

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Marcel SOLMIAC

Né le 7 Août 1896, à Paris

Attaché au Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DES

ATMOSPHÈRES CONFINÉES

Président : M. DESGREZ, *Professeur*

PARIS

LIBRAIRIE LITTÉRAIRE ET MÉDICALE

Louis ARNETTE

2, Rue Casimir-Delavigne, 2

1924

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

LE DOYEN... M, ROGER

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	NICOLAS
Anatomie médico-cehirurgica	CUNÉO.
Physiologie	Ch. RICHET.
Physique médicale	André BROCA.
Chimie organique et chimie générale	DESGREZ.
Bactériologie	BEZANÇON.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	Marcel LABBE.
Pathologie médicale	SICARD.
Pathologie chirurgicale	LECENE.
Anatomie pathologique	LETULLE.
Histologie	PRENANT.
Pharmacologie et matière médicale	RICHAUD.
Thérapeutique	CARNOT.°
Hygiène	Léon BERNARD.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	MENETRIER.
Pathologie expérimentale et comparée	ROGER.
Clinique médicale	GILBERT. CHAUFFARD. ACHARD. WIDAL.
Hygiène et clinique de la première enfance	MARFAN.
Clinique des maladies des enfants	NOBECOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	JEANSELME.°
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	TESSIER.
Clinique chirurgicale	DELBET. HARTMANN. LEJARS. GOSSET.
Clinique ophtalmologique	De LAPERSONNE.
Clinique urologique	LEGUEU.
Clinique d'accouchements	COUVELAIRE. BRINDEAU. JEANNIN.
Clinique gynécologique	J.-L. FAURE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	BROCA Auguste.
Clinique thérapeutique médicale	VAQUEZ.
Clinique oto-rhino-laryngologique	SEBILEAU.
Clinique thérapeutique chirurgicale	DUVAL.
Clinique propédeutique	SERGENT.

II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.	
ABRAMI	Pathologie médicale.
ALGLAVE	Pathologie chirurgicale.
AUBERTIN	Pathologie médicale.
BASSET	Pathologie chirurgicale.
BAUDOUIN	Pathologie médicale.
BINET	Physiologie.
BLANCHETIERE	Chimie biologique.
BRANCA	Histologie.
BRULE	Pathologie médicale.
BUSQUET	Pharmacologie et matière médicale.
CADENAT	Pathologie chirurgicale
CHAMPY	Histologie.
CHIRAY	Histologie.
CLERC	Pathologie médicale.
DEBRE	Hygiène.
I. de JONG	Anatomie pathologique.
DUVOIR	Médecine légale.
ECALLE	Obstétrique.
FIESSINGER	Pathologie médicale.
FOIX	Pathologie médicale.
GARNIER	Pathologie expériment.
HARVIER	Pathologie médicale.
HEITZ-BOYER	Urologie.
HOVELACQUE	Anatomie.
JOYEUX	Parasitologie.

MM.	
LABBE (Henri)	Chimie biologique.
LARDENNOIS	Pathologie chirurgicale.
LE LORIER	Obstétrique.
LEMAITRE	Oto-rhino-laryngologie.
LEMIERRE	Pathologie médicale.
LEVY-SOLAL	Obstétrique.
LHERMITTE	Pathologie mentale.
LIAN	Pathologie médicale.
MATHIEU	Pathologie chirurgicale.
METZGER	Obstétrique.
MOCQUOT	Pathologie chirurgicale.
MONDOR	Pathologie chirurgicale.
MOURE	Pathologie chirurgicale.
MULON	Histologie.
PHILIBERT	Bactériologie.
RIBIERRE	Pathologie médicale.
RICHET Fils	Physiologie.
ROUVIERE	Anatomie.
STROHL	Physique médicale.
TANON	Pathologie médicale.
TIFFENEAU	Pharmacologie et matière médicale.
VAUDESCAL	Obstétrique.
VERNE	Histologie.
VILLARET	Pathologie médicale.
WELTER	Ophtalmologie.

III. AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

pour le service des examens

MM.	
CAMUS	Physiologie.
GOUGEROT	Pathologie médicale.
GUENIOT	Obstétrique.

MM,	
RETTERER	Histologie.
ROUSSY	Anatomie pathologique.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE

à titre permanent

MM.	
AUVRAY	Clinique chirurgicale.
CHEVASSU . . .	Clinique chirurgicale.
LAIGNEL-LAVASTINE.	Clinique médicale.
LEREBOULLET .	Clinique médicale infantile.
LERI	Clinique médicale.
LŒPER	Clinique médicale.
OMBREDANNE .	CliniŒue chirurgicale infantile.
PROUST	Clinique chirurgicale.
RATHERY . . .	Clinique médicale.
SCHWARTZ . . .	Clinique chirurgicale.
TERRIEN	Clinique ophtalmologique.

V. — CHARGÉS DE COURS

M. MAUCLAIRE agrégé . . .	Chargé du cours de chirurgie orthopédique chez l'adulte pour les accidentés du travail les mutilés de guerre et les infirmes adultes.
FREY	Stomatologie.
LEDOUX-LEBARD	Radiologie clinique.
N...	Education physique.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans es dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à eur auteurs el qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE

DE MES PARENTS ET GRANDS-PARENTS

A MA FEMME

MEIS ET AMICIS

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR DESGREZ

PROFESSEUR DE CHIMIE ORGANIQUE
ET DE CHIMIE GÉNÉRALE
A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS
MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
ET DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

qui a bien voulu nous faire l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

A MONSIEUR LE DOCTEUR CAMBIER

DIRECTEUR DU LABORATOIRE D'HYGIÈNE
DE LA VILLE DE PARIS

A MONSIEUR LE DOCTEUR GIRAULD

CHEF DU LABORATOIRE D'HYGIÈNE
DE LA VILLE DE PARIS

A MONSIEUR MARCY

CHEF DE LA SECTION D'HYGIÈNE GÉNÉRALE.
AU LABORATOIRE D'HYGIÈNE

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX

ET EN PARTICULIER

A M. LE PROFESSEUR AGRÉGÉ BASSET
ET M. LE Dr COYON

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, nous collaborons aux travaux du Laboratoire d'Hygiène de la ville de Paris où nous avons pu nous familiariser avec les techniques relatives aux diagnostics bactériologiques, aux analyses chimiques et micrographiques de l'air et des eaux. Une partie de l'activité du Laboratoire est consacrée à l'étude des atmosphères libres ou confinées : il nous a paru intéressant de réunir dans le présent travail les méthodes d'analyses que nous employons à cet effet ainsi que les résultats qu'on peut espérer atteindre dans ce genre d'investigations.

Qu'il nous soit permis d'exprimer notre profonde reconnaissance à M. le Professeur Desgrez qui nous a fait le grand honneur d'accepter la présidence de notre thèse.

Nous profitons de cette occasion pour adresser nos remerciements tout particulièrement à M. le docteur

Cambier Directeur du Laboratoire, qui a bien voulu nous désigner ce sujet de thèse, qu'il veuille bien trouver ici toute l'expression de notre profonde gratitude; à M. le Docteur Girauld, qui dirige avec tant de compétence la Section des diagnostics et prophylaxie des maladies contagieuses; à M. Marcy, chef de la Section d'Hygiène générale à qui nous devons tant pour l'élaboration de ce modeste travail; à MM. Bouyssy et Mouchet.

L'ATMOSPHÈRE LIBRE

La nature de l'air a de tout temps excité la curiosité des penseurs et des savants, mais ce n'est guère qu'à partir du XVIIe siècle que l'on trouve les premières études d'allure vraiment scientifique sur sa composition. C'est en particulier à Robert Boyle, savant Irlandais, que nous sommes redevables de tentatives remarquables quoique souvent faussées par des observations imparfaites pour expliquer la nature de l'air. Il publia vers le milieu du XVIIe siècle des *Mémoires pour une histoire générale de l'air* ouvrage dans lequel il résume également la manière de voir des Anciens. Puis, nous retrouvons en passant les noms de Mayow avec ses théories sur la fermentation et la respiration, de Jean Rey, médecin français qui écrivit en 1650 un ouvrage sur l'augmentation de poids du plomb et de l'étain par calcination. Il faut arriver jusqu'à Stéphen Hales et Priestley pour voir apparaître la notion nouvelle de gaz.

Réservons une mention spéciale à Georges Stahl, professeur de médecine à l'Université de Halle, l'auteur de la théorie du phlogistique, qui en avait trouvé le germe dans les œuvres de van Helmont et surtout dans celles de Becher. D'après Stahl, le phlogistique était un principe subtil répandu dans les métaux et en général

dans tous les corps combustibles qui perdent leur phlogistique par combustion. Un métal chauffé à l'air abandonne son phlogistique en se transformant en une « chaux métallique », l'augmentation du poids des métaux par la calcination est considérée par Stahl comme un phénomène secondaire.

Oxygène et azote. — C'est alors qu'apparaît un horizon nouveau débarrassé cette fois du lourd cortège d'idées préconçues, d'observations inexactes ou incomplètes, de tous ces chercheurs encore sous le joug de la scolastique du moyen âge. Il appartenait à l'illustre chimiste Lavoisier de montrer par une remarquable expérience que l'air est essentiellement composé de deux gaz, l'oxygène et l'azote. « L'air de l'atmosphère, écrit-il, est principalement composé de deux fluides aériformes ou gaz, l'un est respirable, susceptible d'entretenir la vie des animaux, dans lequel les métaux se calcinent et les corps combustibles peuvent brûler; l'autre, qui a des propriétés absolument opposées, que les animaux ne peuvent respirer, qui ne peut entretenir la combustion. »

Poursuivant l'œuvre de Lavoisier, Gay et Lussac-Humboldt, Dumas et Boussingault ont fixé de façon définitive les proportions d'oxygène contenues dans l'air, c'est-à-dire 21 % d'oxygène pour 79 % d'azote en volume.

Acide carbonique. — Boussingault, en étudiant l'acide carbonique que van Helmont avait obtenu en 1664 par la calcination de pierres calcaires, montra que l'atmosphère libre contient 2 à 3/10.000 de son volume d'acide carbonique. Boussingault et plus tard

Truchot établissent que la proportion d'acide carbonique est plus grande la nuit que le jour, Truchot déduit de ses propres expériences que l'acide carbonique diminue au fur et à mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère. Parallèlement, il convient de citer les travaux d'Albert Levy, effectués à l'observatoire de Montsouris et dont nous rappellerons les conclusions : « La quantité d'acide carbonique contenue dans l'air atmosphérique, au moins dans notre station de Montsouris, varie d'une manière sensible d'une année à l'autre, d'un mois à l'autre mois, et même d'un jour au suivant. Cependant, les moyennes mensuelles correspondant à 20 années d'analyses fournissent des résultats presque identiques. La moyenne de toutes ces analyses est de 29 /100 000 en volume. »

En dehors de l'oxygène et de l'azote qui forment les éléments fondamentaux de l'atmosphère, de l'acide carbonique, se trouvent d'autres éléments permanents ou accidentels, le plus souvent en faible quantité, mais facilement appréciables et nous rappellerons les plus importants.

Ozone. — Une mention spéciale doit être réservée à l'ozone car il jouit de propriétés oxydantes extrêmement énergiques.

Entrevu par van Marum, sa présence dans l'air a été indiquée par Schoenbein, mais, c'est à Houzeau que l'on doit d'en avoir montré l'existence dans l'atmosphère libre.

Vapeur d'eau. — La vapeur d'eau existe dans l'air de façon permanente et sa présence peut être mise en évidence soit par l'augmentation de poids éprouvée

par les corps déliquescents : c'est par application de cette propritété que Boussingault a déterminé la proportion de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère, soit par la condensation de cette vapeur sur les corps froids. Ajoutons que la vapeur d'eau joue dans l'air un rôle important, elle constitue pour la terre un manteau protecteur en absorbant une partie de la chaleur lumineuse émise par le soleil et en arrêtant la majeure partie de la chaleur obscure que la terre échauffée émet à son tour.

Argon, gaz rares. — C'est en 1895 que lord Rayleigh et William Ramsay, en comparant la densité de l'azote atmosphérique à celle de l'azote préparé en partant de l'ammoniaque ou des nitrates, montrèrent dans l'air la présence d'un nouveau constituant : l'argon.

Peu après, les mêmes auteurs en recherchant les composés de l'argon montrèrent l'existence de l'hélium, gaz que l'on suppose devoir exister dans la chromosphère du soleil.

Enfin, signalons qu'une nouvelle étude de lord Rayleigh et Ramsay leur permit de signaler quelques nouveaux gaz rares dans l'air : Néon, Krypton, Xénon.

Ammoniaque, acides nitrique, nitreux, sulfureux, sulfurique. — Nous dirons ici quelques mots de divers composés que l'on rencontre dans l'air soit constamment, mais à l'état de traces, soit de façon tout à fait accidentelle et parfois à dose très élevée.

La présence permanente de l'ammoniaque dans l'air paraît devoir être attribuée à la fermentation des matières azotées. L'étincelle électrique éclatant dans l'air humide produit les acides nitreux et nitrique; or, ces

deux derniers ne sauraient coexister en présence de l'ammoniaque, de sorte que l'on peut conclure à la présence dans l'air du nitrite et du nitrate d'ammoniaque.

Tous ces composés ammoniacaux solubles dans l'eau sont entraînés par les pluies qui fournissent au sol deux éléments importants : l'ammoniaque et l'acide nitrique. En outre, la pluie élimine de l'atmosphère d'autres éléments rejetés gazeux par le jeu des réactions chimiques que l'industrie met en œuvre, éléments accidentels dont la rencontre donne naissance à des corps nouveaux, parfois solubles dans l'eau de pluie.

Au nombre de ces éléments accidentels, nous avons noté à différentes reprises au Parc Montsouris la présence de l'acide sulfurique dans l'eau de condensation de brouillards épais et denses; ainsi on a dosé les 18, 19, 29, 22, 24 novembre 1897, respectivement 169, 309, 228, 287, 187 milligrammes de SO^3 dans un litre d'eau de condensation. Il est facile de déterminer l'origine de cet acide sulfurique si l'on observe que notre station de prélèvement était dans le voisinage d'une voie ferrée parcourue par des machines brûlant de la houille pyriteuse, par suite expulsant dans l'air du gaz sulfureux s'oxydant en présence d'air humide.

C'est à l'action de la vapeur d'eau plus ou moins chargée de traces d'acide sulfurique qu'il est vraisemblable d'attribuer l'attaque du carbonate de chaux cimentant les calcaires, attaque faible évidemment, mais qui, suffisamment prolongée, arrive à désagréger, à détériorer la surface de certains monuments parisiens.

En dehors des gaz qui la composent, l'atmosphère terrestre tient en suspension une multitude de corpuscules et dès l'antiquité on les avait observés, Lucrèce (*de natura rerum*) nous décrit les très curieux effets du

phénomène que Tyndall devait étudier de nombreux siècles plus tard.

Poussières en général. — L'atmosphère libre contient en effet une foule de particules (minérales ou organiques) de grosseurs variables, provenant soit de nos habitations, soit des animaux et des végétaux. On distingue dans les poussières inertes des produits amorphes ou cristallisés, opaques ou transparents que l'on peut différencier : 1° par des réactifs chimiques, permettant d'identifier, carbonate, azotate, nitrate d'ammoniaque ; 2° par l'analyse microchimique caractérisant du charbon, silex, phosphate, sulfate, carbonate de calcium, des globules de fer météorique nettement séparés par Tissandier en mettant à profit la propriété qu'ils possèdent d'être attirables par l'aimant.

Rappelons que la cristallisation des solutions sursaturées au contact de l'air avait beaucoup exercé la sagacité des chimistes. Il appartenait à Gernez, à la suite d'expériences habilement conduites sur le sulfate de soude, de montrer que l'amorce de cristallisation est véhiculée par l'air, bien que l'on ait observé avant lui que l'air traversant une couche épaisse de coton était incapable de provoquer la prise en masse d'une solution sursaturée de sulfate de soude.

Eléments organisés. — C'est Loewenhoeck qui, le premier à notre connaissance, démontra la présence d'éléments organisés dans l'atmosphère libre, en signalant la présence d'infusoires dans l'eau de pluie.

A noter les remarquables recherches de Gaultier de Claubry sur les organismes de l'air se montrant, dans cette voie, le précurseur des immortels travaux de Pasteur sur le panspermisme.

C'est vraiment à Pasteur, puis à Miquel que nous sommes redevables des recherches intéressant la nature des poussières atmosphériques, principalement en ce qui concerne les éléments organisés :

« Il y a constamment dans l'air commun, dit Pasteur, un nombre variable de corpuscules dont la forme et la structure annoncent qu'ils sont organisés. Leurs dimensions s'élèvent depuis les plus petits diamètres jusqu'à 1/100 et davantage de millimètre Les uns sont parfaitement sphériques, les autres ovoïdes; leurs contours sont plus ou moins nettement accusés. Beaucoup sont tout à fait translucides, mais il y en a aussi d'opaques avec granulations à l'intérieur. Ceux qui sont translucides, à contours nets, ressemblent tellement aux spores des moisissures les plus communes que le plus habile micrographe ne pourrait y voir de différence.

« Je crois qu'il y aurait un grand intérêt à multiplier les études sur ce sujet et à comparer dans un même lieu avec les saisons, dans des lieux différents, à une même époque, les corpuscules organisés disséminés dans l'atmosphère. Il semble que les phénomènes de contagion morbide, surtout aux époques où sévissent les maladies épidémiques, gagneraient à des travaux poursuivis dans cette direction. »

C'est au docteur Miquel que nous devons l'étude des corpuscules organisés de l'atmosphère. Dans une série de remarquables recherches poursuivies pendant de nombreuses années à l'observatoire de Montsouris, et par des méthodes le plus souvent créées par lui de toutes pièces, il a fourni une mine inépuisable de renseignements à laquelle se référeront encore longtemps les hygiénistes.

L'ATMOSPHÈRE CONFINÉE

Lorsque l'atmosphère d'un milieu, soumis à certaines causes d'altération, communique insuffisamment avec l'air extérieur on dit couramment que l'atmosphère dudit milieu est confinée.

Ainsi, pour prendre un exemple particulier, le séjour d'individus dans des locaux habités fermés ou mal ventilés peut amener l'air à un degré d'altération notable et l'analyse chimique permet de distinguer nettement l'atmosphère confinée de ces locaux de l'atmosphère libre.

Oxygène. — Les variations des gaz fondamentaux des atmosphères confinées, en particulier de l'oxygène, sont en règle générale de faible amplitude. Les phénomènes respiratoires utilisant de l'oxygène constituent le facteur le plus constant d'abaissement du taux de ce gaz dans les lieux confinés habituels, diminution en oxygène qui peut devenir assez appréciable dans des locaux surpeuplés et mal aérés. Il existe cependant des atmosphères confinées où la teneur d'oxygène est très faible, par exemple dans les fosses d'aisances, les caveaux funéraires, certains drains des régions d'épandage. Relativement à ce dernier cas, nous rappellerons l'ac-

cident survenu à Carrières-Treil où deux ouvriers descendus dans un regard de drain y trouvèrent la mort. L'analyse de ce drain pratiquée au Laboratoire montra l'absence d'hydrogène sulfuré et des doses relativement faibles d'acide carbonique; mais, par contre, la teneur en oxygène s'y trouvait très fortement réduite, pouvant même s'abaisser jusqu'à 2 %.

Acide carbonique. — La quantité d'acide carbonique accumulée dans une enceinte par l'effet de la respiration peut servir de mesure dans l'appréciation de la souillure d'une atmosphère confinée; bien que l'on ne puisse rapporter exclusivement à l'acide carbonique les malaises consécutifs à un séjour quelque peu prolongé dans une atmosphère confinée.

Les échanges respiratoires sont en effet une source constante d'acide carbonique, si l'on veut bien considérer qu'un homme adulte de poids moyen faisant passer 500 litres d'air à l'heure dans ses poumons, rejette environ 25 litres d'acide carbonique. La respiration cutanée en apporte elle-même 4 à 9 ‰ dans le même temps. Ajoutons comme sources accidentelles d'acide carbonique la combustion du charbon, la fermentation alcoolique, les phénomènes de décomposition et comme source permanente la combustion du gaz d'éclairage.

L'acide carbonique véhiculé par le sang est normalement un excitant bulbaire où il semble agir tout particulièrement sur les origines du pneumogastrique, nerf riche en fibres modératrices du cœur. Sa tension dans l'air alvéolaire venant à diminuer, le sang s'en appauvrit, l'excitation bulbaire est moindre et il y a accélération des battements du cœur. Si au contraire l'air alvéolaire est saturé d'acide carbonique, la quantité

de ce gaz dans le sang augmente considérablement, l'excitation du pneumogastrique devient excessive, pouvant aller jusqu'à inhiber complètement et définitivement la contraction cardiaque.

L'acide carbonique peut donc jouer le rôle de gaz toxique, mais à doses massives nécessitant des teneurs considérables de ce gaz dans l'air confiné. Aussi les intoxications par ce gaz sont-elles rares et le fait de circonstances tout à fait spéciales. Par exemple : dans les cuves de vignerons, les brasseries (fermentation alcoolique), les puits (dégagement d'acide carbonique dû à la décomposition des matières végétales).

Prophylaxie. — Avoir soin de bien ventiler les lieux où l'on est susceptible de rencontrer ces doses toxiques d'acide carbonique. Comme contrôle, il suffira de descendre une bougie allumée; celle-ci s'éteignant pour un taux d'acide carbonique voisin de la dose toxique pour l'homme.

Traitement. — Respiration artificielle, inhalation d'oxygène, huile camphrée, caféïne.

Vapeur d'eau et produits organiques. — L'atmosphère confinée est toujours plus ou moins chargée de vapeur d'eau provenant des échanges respiratoires qui en rejettent en moyenne 380 grammes par personne et par 24 heures et aussi de la combustion du gaz d'éclairage.

Outre la sensation pénible que l'on éprouve dans une telle atmosphère, cette vapeur d'eau sert vraisemblablement de véhicule aux germes pathogènes et favorise dans une certaine mesure leur pullulation.

La vapeur d'eau véhicule encore des produits organiques volatils ou gazeux, ceux-ci proviennent des excréta de l'homme et des animaux, éliminés par les poumons, la peau et l'intestin. Ils jouent le plus grand rôle dans l'odeur désagréable que l'on perçoit dans les milieux confinés : dortoirs, chambrées, ateliers surpeuplés...

Ces produits organiques ont fait successivement l'objet des travaux de Brown-Sequard, A. Gautier, d'Arsonval, Arthus. Nous aurons par la suite à indiquer les recherches du laboratoire sur cette importante question.

Oxyde de carbone. — Si Armand Gautier a pu déceler accidentellement dans l'air libre de l'oxyde de carbone à une dose extrêmement minime (de l'ordre du 1/100 000); ce n'est que dans les atmosphères confinées que l'on rencontre ce gaz dans de notables proportions.

L'oxyde de carbone est un gaz incolore, inodore et sans saveur, de densité légèrement inférieure à celle de l'air, susceptible par suite de diffuser insidieusement et de ne manifester sa présence que par les graves accidents qu'il est à même d'occasionner.

Toute combustion donne naissance à de l'oxyde de carbone en quantité variable naturellement, suivant sa nature et son importance. Le gaz d'éclairage en contient toujours et en proportion d'autant plus élevée qu'il est plus riche en gaz à l'eau. La proportion maxima d'oxyde de carbone que peut actuellement contenir le gaz d'éclairage est fixée à 15 %.

On voit par là combien peuvent être diverses et nombreuses les sources de ce gaz, et l'on s'explique l'étendue

de la gamme des intoxications qui lui sont dues. Nous allons en rappeler brièvement les diverses formes et leur symptomatologie.

Intoxication massive. — Se rencontre à l'occasion de dégagements énormes d'oxyde de carbone : explosion de gazomètres, de poches de grisou dans les mines, d'éclatement d'obus de fort calibre. Dans ces cas, il est absorbé des doses considérables de gaz toxique presque pur et la mort survient le plus souvent de façon foudroyante, sidérant l'individu dans la position qu'il occupait au moment où il fut surpris par le gaz toxique. Cette forme d'intoxication fut surtout bien observée et bien étudiée pendant la guerre en particulier par Dinoire dans sa thèse de doctorat en médecine. Nous lui empruntons la citation suivante qui dépeint si bien les effets surprenants de cette action foudroyante : « C'est ainsi qu'il est, croyons-nous, explicable que l'on ait trouvé dans les abris, à plusieurs reprises, soit un téléphoniste sidéré en position d'utilisation de son appareil, soit des officiers allemands sidérés autour d'une table, la fourchette ou les cartes en mains, au beau milieu d'un repas ou d'une partie de cartes, le dîner ou le jeu ne paraissant pas avoir été troublé par quoi que ce soit d'anormal ».

Intoxication progressive. — On l'observe fréquemment, elle est la forme habituelle de l'intoxication volontaire. Le gaz toxique provient tantôt de réchauds à charbon de bois, de poêles à combustion lente dont le tirage se trouve inversé, de canalisations de gaz laissées ouvertes.

Au début, le sujet éprouve la sensation de vide dans la tête, de la céphalée avec contriction douloureuse des

tempes, du vertige, de la diminution de l'acuité sensorielle, on note encore à cette période des vomissements, des signes d'excitation cérébrale avec du rire et de la profusion de parole. Puis survient l'impotence musculaire qui ne tarde pas à être absolue, alors l'individu ne peut plus fuir le danger, malgré la conscience qu'il en a. La respiration se ralentit, devient irrégulière, adoptant parfois le rythme de Cheyne-Stokes. On observe parallèlement de la tachycardie. Le gaz oxycarboné poursuivant son œuvre, l'intoxiqué perd connaissance et tombe dans le coma. Alors le faciès est tantôt très pâle, tantôt au contraire carminé, voire même vultueux, les pupilles sont dilatées, les extrémités sont froides, la respiration se fait de plus en plus lente et superficielle et cesse bientôt, suivie de l'arrêt du cœur. La mort survient sans agonie : dans les cas heureux, le coma se prolonge et l'air se renouvelant, l'individu peut revenir à la vie. Il se présente alors sous un aspect très particulier, le visage est enluminé, l'œil hagard, et le sujet titubant, cherchant à frapper, donne lieu souvent à des erreurs de diagnostic prêtant en particulier à confusion avec une crise de delirium tremens.

Il convient de noter le manque absolu de souffrance : « Pas de douleur, c'est simplement comme un rêve, pas de douleur, je le dis pour le bénéfice des autres, pas de douleur du tout, pas de douleur », écrivait Sir Clément Le Neve Forster, enseveli au fond d'une mine du Transvaal.

Intoxication chronique. — C'est peut-être la forme la plus commune, elle est le fait d'absorption lente et continue de petites quantités d'oxyde de carbone; nombre de personnes se trouvent de par leur

profession dans ces conditions; tels les gaziers, les gardiens de grands tunnels, les cuisiniers, ces derniers se trouvant journellement au voisinage des fourneaux, dont la fonte portée au rouge se laisse traverser par l'oxyde de carbone.

A côté de ces intoxications chroniques, d'ordre professionnel, nombreuses en sont les formes larvées, frustes, s'observant surtout pendant l'hiver, chez des sujets séjournant dans des locaux mal aérés et où règne un mode de chauffage défectueux : telles les 35 observations d'intoxication collective recueillies par Courmont dans un local où furent décelées des doses d'oxyde de carbone variant du 1 /10.000 au 1 /1.000. Nous n'oublierons pas de signaler également que, grâce à sa grande diffusibilité, l'oxyde de carbone est susceptible de provoquer des intoxications à distance. Chez un individu se plaignant de migraines, de céphalées fréquentes, accompagnées de vertiges et d'insomnie, présentant de la psychasténie et de l'anémie, alors que l'étiologie habituelle de ces troubles n'apparaît pas, il sera bon de l'interroger sur sa profession, d'examiner le local où il habite, au besoin d'y faire pratiquer une analyse d'air, et souvent l'oxyde de carbone viendra par sa présence, éclairer le diagnostic.

Pathogénie — L'oxyde de carbone est avant tout, ainsi que l'a prouvé magistralement Claude Bernard, un poison du sang se substituant à l'oxygène et empêchant l'hématose de se produire. L'oxyde de carbone forme avec l'hémoglobine un complexe stable : la carboxyhémoglobine. Il s'agit en effet d'un corps stable, mais non pas indestructible et c'est encore à Claude Bernard que revient le mérite d'avoir montré la dissociation possible de la carboxyhémoglobine en

présence de l'air et surtout d'oxygène pur; fait considérable pour le traitement rationnel de cette intoxication

A la suite de Claude Bernard, Grehant, Haldane, et surtout Nicloux se sont appliqués à étudier les lois de la formation et de la dissociation de la carboxyhémoglobine.

Nicloux résume ainsi la question :

1° L'oxyde de carbone pur déplace l'oxygène de l'oxyhémoglobine;

2° L'oxygène pur déplace l'oxyde de carbone de l'hémoglobine oxycarbonée.

3° Lorsque l'hémoglobine se trouve au contact de mélanges d'oxygène et d'oxyde de carbone, elle se partage entre ces deux gaz et les proportions respectives des hémoglobines oxygénée et oxycarbonée sont en fonction des proportions relatives des deux gaz dans le mélange. (Comme on dit couramment : de leur tension) : c'est ainsi qu'une proportion de 1/3.000 d'oxyde de carbone dans l'air suffit pour que 26 % de l'hémoglobine totale soit oxycarbonée le reste étant à l'état d'oxyhémoglobine.

Enfin, MM. les Professeurs Balthazard et Nicloux ont introduit dans la pratique médico-légale la notion de coefficient d'empoisonnement :

$$\frac{\text{CO trouvé dans le sang}}{\text{CO maxima fixé par la même quantité de sang.}}$$

La diminution du pouvoir respiratoire du sang suffit-elle à expliquer les troubles nerveux qui accompagnent le plus souvent l'intoxication oxycarbonée, les phénomènes d'accoutumance ou au contraire de sensibilisation par une première atteinte, c'est ce que

certains auteurs se refusent à croire en prêtant à ce gaz une action directement nocive pour certains organes, en particulier sur le système nerveux; c'est là un point encore obscur et à l'égard duquel beaucoup de réserve s'impose.

Nous noterons pour terminer que l'abaissement des taux d'alcali libre et d'acide carbonique du sang semble jouer un rôle important dans l'hyperpnée accompagnant l'intoxication.

Traitement de l'intoxication oxycarbonée. — Il consiste tout d'abord à soustraire l'individu de l'atmosphère toxique, ce qui, par parenthèse, n'est pas toujours facile ou sans danger pour les sauveteurs. Puis la respiration artificielle sera instituée en y adjoignant des inhalations d'oxygène dont Nicloux a si bien fixé les règles d'application. Inhalations soit d'oxygène pur, suivant la méthode de Nicloux, soit d'un mélange d'oxygène et de gaz carbonique à 10 % ainsi que les Américains H. W. H. Haggard et Henderson l'ont proposé. On n'oubliera pas de réchauffer le malade au moyen de couvertures, de bouillottes, etc.... on prescrira des injections d'huile camphrée, des pilules d'éther dès que le malade pourra les déglutir. Enfin, la transfusion sanguine sera dans certains cas d'un grand secours. Dans les cas d'intoxication fruste, cures de plein air, régime lacté au début, strychnine et arsenic pour combattre l'asthénie.

Pour permettre aux sauveteurs d'accomplir leur œuvre dans des lieux où l'on ne peut songer à évacuer complètement le gaz toxique, il est indispensable de les munir d'appareils respiratoires, nous citerons en particulier celui de M. le professeur Desgrez, et de ses colla-

borateurs, MM. Guillemard et Hemmerdinger, d'une grande originalité dans son principe : il repose sur l'emploi d'un réactif (granules de pierre ponce imprégnée d'anhydride iodique et d'acide sulfurique) qui transforme à froid l'oxyde de carbone en acide carbonique.

Hydrogène sulfuré. — Sans parler de l'atmosphère des locaux industriels, nous dirons un mot de l'hydrogène sulfuré dont quelques expérimentateurs ont anciennement signalé la présence dans l'atmosphère des égouts ainsi que dans celle des fosses d'aisances. Les travaux plus récents d'Ogier, d'Hanriot ont montré que l'hydrogène sulfuré ne se trouve qu'à l'état de traces très minimes aussi bien dans les égouts que dans les fosses d'aisances, ce gaz dont la toxicité ne fait pas de doute restant combiné à l'ammoniaque de l'eau et ce n'est que très accidentellement et par suite de circonstances fortuites que l'on a pu observer des accidents graves.

Poussières. — On rencontre constamment des poussières dans l'atmosphère confinée. On peut leur assigner deux origines : certaines proviennent du milieu extérieur, les autres du milieu confiné lui-même; ces dernières, bien qu'en général les moins abondantes, peuvent dans certains cas devenir les plus importantes (milieux industriels).

Ces poussières sont constituées, ainsi que dans l'atmosphère libre, d'éléments inertes et d'éléments vivants.

En ce qui concerne les éléments inertes, dont nous avons déjà parlé précédemment, nous rappellerons seulement leur rôle irritant sur les muqueuses; elles sont par suite susceptibles de créer des portes d'entrée

aux germes pathogènes et capables dans certains cas, notamment dans les locaux industriels, d'agir directement par leur toxicité (arsénicisme, hydrargirisme, saturnisme).

Outre les éléments inertes, on rencontre dans les poussières des microorganismes : moisissures, spores cryptogamiques dont certains peuvent jouer un rôle pathogène comme l'actynomyces bovis et le saccharomyces albicans; des bactéries en grand nombre et en grande variété, les unes semblant inoffensives, tel le bacillus subtilis, d'autres accidentellement pathogènes, comme le bacille coli, enfin de nettement pathogènes comme les bacilles diphtériques, tétaniques, charbonneux, parfois même du bacille typhique et enfin du bacille de Koch sur lequel nous reviendrons par la suite.

MÉTHODES D'ANALYSES

L'analyse complète d'un mélange gazeux s'opère par la méthode classique : absorption de l'acide carbonique, de l'acétylène, de l'oxygène, de l'oxyde de carbone par des réactifs appropriés; le gaz restant est brûlé dans l'eudiomètre après addition d'un volume suffisant d'oxygène. Les équations bien connues de Bunsen permettent de déterminer les proportions d'hydrogène, ds méthane et d'azote.

Acide carbonique. — Nous rappellerons seulement qu'il existe des procédés gravimétriques (de Saussure, Boussingault) pour doser l'acide carbonique; que nous avons analysé l'atmosphère des drains des régions d'épandage et du sous-sol des plantations d'alignement par une méthode volumétrique en absorbant successivement et respectivement l'acide carbonique par la potasse, l'oxygène par l'hydrosulfite de soude, et vérifié eudiométriquement l'absence de gaz combustible.

La nécessité d'effectuer de nombreuses analyses dans les milieux confinés nous a conduit depuis de longues années à donner la préférence au procédé par liqueur titrée : on fait passer dans de l'eau de baryte un volume suffisant de l'air à analyser et l'on dose

dans une partie aliquote de la liqueur claire la quantité de baryte restant en solution au moyen d'un acide titré. La baryte présente l'inconvénient de former un dépôt de carbonate dont il est quelquefois difficile de se débarrasser, il peut même arriver qu'en opérant sur de grands volumes d'air, le dépôt puisse obstruer l'arrivée de celui-ci; pour remédier à cet inconvénient, il est préférable d'employer une liqueur alcaline.

Nous opérons au laboratoire de la façon suivante : absorption par la soude de l'acide carbonique contenu dans un volume connu d'air :

$$2\,NaOH + CO^2 = CO^3\,Na^2 + H^2O$$

La solution de soude partiellement carbonatée est traitée par une liqueur sulfurique titrée (indicateur phénol-phtaléïne) vire au blanc lorsque la moitié de l'acide carbonique a disparu, transformant le carbonate en bicarbonate :

$$CO^3\,Na^2 + SO^4\,H^2 = CO^3\,NaH + SO^4\,NaH$$

De sorte que si l'on traite par l'acide sulfurique titré un volume égal de la soude employée, le double de la différence des lectures correspond à la quantité d'acide carbonique retenue.

Oxyde de carbone. — De nombreux réactifs ont été proposés pour déceler ou doser l'oxyde de carbone. Nous ne retiendrons que le protochlorure de cuivre et le chlorure de palladium pour le dosage de quantités appréciables et les méthodes à l'acide iodique et au sang pour la recherche de traces dans les milieux habités.

Le principal absorbant de l'oxyde de carbone est le chlorure cuivreux avec lequel il forme une combinaison définie $Cu^2 Cl^2 CO^2, 2H^2O$ dissociable et dont la décomposition est déjà appréciable à la température ordinaire.

L'oxyde de carbone réduit le chlorure palladeux qu'il noircit d'après l'équation :

$$PdCl^2 + CO + H^2O = 2HCl + Co^2 + Pd$$

Le dépôt de palladium peut être obtenu avec d'autres gaz réducteurs : hydrogène, carbures éthyléniques, hydrogène sulfuré.

Au cours de la guerre, la recherche de l'oxyde de carbone dans les abris était opérée à l'aide du papier réactif au chlorure de palladium préconisé par M. le professeur Desgrez. Le détecteur du professeur Desgrez était constitué par un petit flacon de verre fermé par un bouchon portant une rainure latérale et traversé en son centre par un tube de verre terminé extérieurement par une poire de caoutchouc, intérieurement le tube de verre contient de l'acétate de plomb pour arrêter éventuellement l'hydrogène sulfuré. On suspend au bouchon une bande de papier réactif et le flacon rebouché est introduit dans l'atmosphère suspecte et l'on presse la poire un certain nombre de fois. Pour une proportion d'oxyde de carbone de 1/3.000 à 1/1000 en volume, on voit au bout de cinq minutes le papier prendre une teinte grise très nette tandis que pour des doses supérieures au 1/1.000 le papier noircit d'autant plus vite que la dose d'oxyde de carbone est plus élevée.

L'acide iodique est le réactif le plus sensible de l'oxyde de carbone. Il est vrai que la méthode à l'acide iodique n'est pas absolument spécifique, mais lorsqu'elle fournit un résultat négatif, celui-ci n'en a que plus de valeur,

car on peut alors conclure sans hésitation à l'absence d'oxyde de carbone, ce qui, au point de vue pratique, présente quelquefois un gros intérêt.

Le procédé repose sur la réaction suivante signalée par Ditte : $5CO + I^2O^5 = 5CO^2 + I^2$.

Cette réaction a été utilisée pour la recherche de traces d'oxyde de carbone par Armand Gautier, Nicloux et nous la décrirons telle qu'elle fonctionne journellement au laboratoire : l'air suspect prélevé dans une poche de caoutchouc traverse successivement par le jeu d'un aspirateur trois tubes en U contenant, le premier de la ponce sulfurique, le second de la potasse concassée (absorption de l'hydrogène sulfuré, de l'acide sulfureux agissant sur l'acide iodique) le troisième de l'acide iodique chauffé à 80-90° dans un bain d'eau. L'iode déplacé est recueilli dans 10 c.c. de chloroforme surmontés d'une couche d'eau pour éviter une évaporation trop rapide. La coloration rose obtenue est comparée à une échelle de teintes obtenues en traitant dans les mêmes conditions que l'air suspect, des mélanges titrés d'air et d'oxyde de carbone. La méthode d'une extrême sensibilité permet de reconnaître par passage de trois litres d'air la présence dans l'atmosphère de 1/100.000 d'oxyde de carbone.

La réaction la plus spécifique de ce gaz est son action sur l'hémoglobine du sang où il remplace l'oxygène pour former la carboxyhémoglobine, la couleur du sang passant du rouge au carmin. La réaction est naturellement plus sensible dans l'air privé d'oxygène et Haldane a pu constituer une méthode colorimétrique. Mais cette observation à l'œil nu manquait quelque peu de sensibilité et on a cherché à reconnaître d'une autre façon la modification apportée par l'oxyde de carbone

au moyen du spectroscope. Les solutions d'oxyhémoglobine et de carboxyhémoglobine examinées au spectroscope fournissent deux spectres sensiblement identiques caractérisés par deux bandes d'absorption extrêmement nettes entre les lignes D et E de Fraunhoffer. Si l'on ajoute au sang un réducteur faible (sulfhydrate, hydrosulfite) les deux raies de l'oxyhémoglobine disparaissent pour faire place à une plage unique (bande de Stokes) tandis que le spectre de carboxyhémoglobine ne subit aucune altération.

Pour rendre le procédé spectroscopique plus sensible, Ogier et Kohn-Abrest font barboter l'air désoxygéné au préalable à travers du sang dilué jusqu'à apparition des raies; le volume d'oxyde de carbone étant sensiblement inversement proportionnel au volume d'air nécessaire pour l'apparition des raies. La méthode a subi des perfectionnements successifs et, telle que nous l'allons décrire, elle permet de déceler par passage de deux litres d'air la présence de 1 /80.000 d'oxyde de carbone.

Dans un flacon de trois litres fermé par un bouchon de caoutchouc livrant passage à deux tubes de verre, on introduit l'air à analyser puis 50 grammes d'hydrosulfite de soude dissous dans 200 c. c. d'eau et 60 c.c. de lessive de soude du commerce. On agite vigoureusement pendant dix minutes. L'un des deux tubes de verre est alors relié à un vase de Mariotte surélevé et l'autre à un tube de Winckler particulier (tube de Nicloux) sans robinet, mais portant sur le trajet de la première spire une petite cuve à faces parallèles. On braque sur l'une des faces de cette cuve un spectroscope et l'on dispose à quelque distance de la face opposée une lampe électrique. Le tube de Nicloux est garni de sang dilué réduit au préalable par de l'hydrosulfite de soude

ammoniacal de sorte que l'hémoglobine est à l'état d'hémoglobine réduite, l'examen spectral du début révèle la bande de Stokes. Le passage de l'air à la vitesse de 600 c.c. à l'heure permet par simple observation spectroscopique de voir la bande de Stokes s'estomper puis s'éclaircir en son milieu pour donner finalement deux bandes d'une netteté parfaite en prolongeant quelque peu la durée de passage. Il est possible en opérant sur des mélanges titrés d'air et d'oxyde de carbone de construire une courbe indiquant en abscisses les proportions d'oxyde de carbone et en ordonnées les volumes d'air désoxygéné suffisants pour l'apparition des bandes.

La recherche *in vivo* de l'oxyde de carbone peut être également effectuée au moyen du spectroscope mais la réaction spectroscopique n'est à peu près nette (Ogier) que si le sang contient 10 % de son hémoglobine transformé par le gaz toxique. La recherche spectrale de l'oxyde de carbone sur un individu ayant succombé à l'empoisonnement peut être effectuée sur quelques gouttes de sang. On peut en tout cas obtenir une certitude absolue par l'extraction des gaz d'un volume suffisant de sang. Sur un sujet vivant présumé intoxiqué le résultat négatif fourni par l'examen de quelques gouttes de sang ne permet pas d'affirmer l'absence d'oxyde de carbone.

Quoi qu'il en soit, l'extraction des gaz du sang s'opère à la pompe à mercure; on peut éviter l'emploi de cet appareil en utilisant la modification de Nicloux.

MESURE DU DEGRÉ DE VICIATION

Pour apprécier la valeur hygiénique de l'atmosphère d'un local habité, c'est-à-dire d'une atmosphère plus ou moins chargée des produits de la respiration et de la respiration d'êtres vivants, on peut employer un procédé créé de toutes pièces au Laboratoire d'Hygiène par Henriet et Bouyssy et basé sur le dosage de certaines substances volatiles émises par les poumons et par les téguments externes des occupants, substances qui contribuent pour une très large part à rendre si pénible le séjour dans l'air confiné. Ces matières volatiles condensables et solubles dans l'eau suivent dans l'atmosphère les variations de la vapeur d'eau qui a la même origine respiratoire. Ainsi, pour une température déterminée, le poids de ces matières en dilution dans l'air peut s'élever jusqu'à une certaine limite qui sera atteinte lorsque la vapeur d'eau deviendra elle-même saturante. A partir de ce moment, tout nouvel apport de vapeur d'eau se condensera sous forme de fines gouttelettes qui entraîneront avec elles les matières volatiles solubles. Si la température de la pièce vient ensuite à se relever, l'eau condensée repasse à l'état de vapeur en même temps que les matières volatiles sont elles-mêmes remises en circulation, augmentées d'une

partie de celles qui auraient pu être antérieurement condensées. Par contre si dans une pièce habitée, contenant par conséquent une certaine teneur de vapeur d'eau et de matières volatiles, on vient à produire un abaissement de température suffisant pour que la vapeur atteigne sa tension maxima à cette température, on provoque une condensation qui entraîne avec elle une partie des matières volatiles. Si le dépôt des gouttelettes liquides a lieu sur des corps poreux (tentures, tapis,...) on conçoit que sous l'influence des variations de température, l'évaporation suivie de condensation soit susceptible d'introduire dans le milieu confiné une viciation pour ainsi dire continue de l'atmosphère.

Ces considérations permettent de se rendre compte de la sensation pénible éprouvée dans les milieux confinés; le mot « pénible » est peut-être insuffisant, il faudrait y ajouter le qualificatif « dangereux », s'il est vrai comme l'a indiqué Trillat, que ces matières volatiles et condensables dont il a, après nous, entrepris l'étude, constituent pour les microbes pathogènes un excellent milieu de culture exaltant leur virulence.

Quoi qu'il en soit, nous appelons « degré de viciation » le nombre des milligrammes d'oxygène empruntés au permanganate de potassium par le liquide provenant de la condensation de 100 mètres cubes d'air mesurés à 0° et à 760 et nous la déterminons ainsi :

Dans un vase cylindro-conique d'environ 3 litres de capacité, nickelé et poli extérieurement, rentre à frottements doux un vase analogue au premier rempli d'un mélange de glace et de sel marin. Sur la surface nickelée, la vapeur d'eau se condense sous forme de givre. Lorsque l'on juge la quantité déposée suffisante, on enlève le vase intérieur, le givre prend l'état liquide,

ruissel'e sur les parois et vient s'écouler goutte à goutte par le sommet du cône où on le recueille dans un petit plateau.

Le liquide condensé provient d'un volume *V* d'air humide dont le poids total se compose de celui de l'air sec et du poids de la vapeur d'eau. Le poids *m* de vapeur d'eau nous est fourni par la formule :

$$m = 0{,}001293 \frac{V f d}{(1 + at)\, 760}$$

f étant la pression de cette vapeur, *d* sa densité (0, 622) *t* la température.

Qui permet d'en déduire :

$$V = \frac{760\, m\, (1 + at)}{0{,}001293\, f\, d}$$

D'autre part, si H est la pression atmosphérique l'air sec à une pression H-f occupe à 0 et à 760 le volume

$$V\,(0)\,760 = \frac{V\,(H - f)}{(1 + at)\, 760}$$

Qui nous fournit en remplaçant V par sa valeur, l'expression cherchée :

$$V\,(0)\,760 = 1{,}243 \frac{m\,(H = f)}{f}$$

Que l'on peut écrire :

$$V\,(0)\,760 \text{ en litres} = 1{,}243 \frac{m\,(H - e\,F)}{e\,F}$$

e est l'état hygrométrique moyen pendant la durée de la condensation, F est la tension maxima de la vapeur d'eau fournie par les tables de Regnault à la température moyenne du temps de l'expérience.

Pour opérer le dosage des matières réductrices, on introduit dans un petit ballon 5 grammes (m = 5) du liquide de condensation précédent que l'on fait bouillir 5 minutes avec une liqueur contenant par litre 316

milligrammes de permanganate de potassium. Après refroidissement, on ajoute 10 c. c. d'une solution à 10 grs par litre de sulfate ferreux acidulé par 10 c. c. d'acide sulfurique et l'on verse à la burette l centimètre cube de permanganate N/100 pour faire apparaître la teinte rose persistante. D'autre part, 5 c. c. d'eau distillée traités dans les mêmes conditions exigent l' centimètre cube de permanganate. Les matières organiques réductrices contenues dans 5 grs d'eau de condensation ont consommé l' — l centimètres cubes de permanganate dont l c. c. = b mmgrs d'oxygène.

D'après sa définition, la pollution est :

$$\frac{b\ (l-l')\ 100.000}{V\ (0)\ 760} = \frac{16.09\ b\ e\ F\ (l'-l)}{H - e\ F}$$

Comme conclusion à cette question, nous donnerons les quelques chiffres suivants observés en divers lieux :

Air du Parc de Montsouris.....	1 milligramme
Souterrain du métropolitain.....	14 milligrammes
Air du centre de Paris.....	10 milligrammes
Atelier d'imprimerie.....	14 milligrammes
Atelier de couture.....	21 milligrammes
Locaux sans ventilation (dépôt de vieux vêtements).....	46 à 63 milligrammes

Poussières et bactéries — On peut avoir une idée approximative de la quantité des particules en suspension dans une atmosphère au moyen des aéroscopes :

L'appareil employé au laboratoire a la forme et les dimensions d'un réveil ordinaire dont le cadran, enduit de glycérolé de glucose entraîné par l'axe. présente successivement les différents points de sa surface devant une petite ouverture ménagée dans la plaque de verre. L'air est appelé par cet orifice au moyen d'un aspirateur

à renversement ou mieux d'une trompe à eau. Le volume est alors mesuré par un compteur.

La récolte des poussières nécessitera un matériel différent suivant que l'on se propose soit une analyse qualitative suivie d'un dosage des éléments trouvés, soit la recherche des éléments organisés.

On résoudra le problème dans le premier cas en exposant dans le milieu des plaques de verre, des boîtes de Pétri dont il est facile de mesurer la surface, la pesée des sédiments déposés dans un laps de temps déterminé permet de calculer la quantité de poussières déposée sur une surface donnée dans l'unité de temps; le résultat est souvent approché, les courants d'air, les brassages tenant à des causes locales susceptibles de remettre en suspension les corpuscules amenés à un état extrême de division. Il est facile, en prolongeant l'expérience, de recueillir une quantité suffisante de poussières, que l'on soumet ensuite à l'analyse. C'est ainsi que nous avons opéré dans les tunnels du chemin de fer métropolitain.

On peut aussi fixer les poussières sur une bourre de coton placée dans un tube de verre traversé par le courant d'air provoqué par un aspirateur hydraulique. L'emploi de ce procédé a permis de déceler la présence accidentelle du plomb dans l'atmosphère des imprimeries à machines linotypes.

Pour la recherche des corpuscules, on fait appel à deux genres de procédés : barbottement dans l'eau stérile, les milieux nutritifs liquides ou gélatineux liquéfiés.

En outre, nous indiquerons ultérieurement par quel procédé nous avons recherché le bacille de Koch dans le souterrain métropolitain.

RÉSULTATS OBTENUS

On n'observe pas dans les atmosphères confinées proprement dites (écoles, métropolitain...) des variations notables de l'oxygène.

Ce n'est que dans le sol des cimetières, dans l'atmosphère des drains collectant les eaux épurées par les terrains d'épandage, le sous-sol parisien, qu'il est possible de noter des teneurs d'oxygène notablement inférieures à la valeur normale, et nous rappellerons ici quelques déterminations effectuées au laboratoire.

	Dates	Oxygène	Acide carbonique
I. — Cimetières :		%	%
des Innocents	1895	17,4	3,2
Père Lachaise	1895	20,0	1,0
Montparnasse	1895	11,1	7,1
Montmartre	1895	19,8	0,7
II. — Drains :			
Triel	1913	20,5	0,8
Côtes Berthelins	1913	17,5	1,5
Saint-Louis	1913	19,0	1,1
Denouval	1913	20,8	0,1
des Moines	1913	12,0	2,4
III. — Plantations :			
Champs Elysées	1922		
Marronniers en bon état ..		16,8 à 20,4	1,3 à 4,9
— languissants ..		14,2 à 18,8	1,8 à 9,8
— morts		11,4 à 15,8	5,1 à 9,9
Place de la République :			
Platanes		9,2 à 16,8	3,1 à 8,5

Acide carbonique. — Les variations d'acide carbonique dans les atmosphères confinées proprement dites que nous allons maintenant étudier présentent des amplitudes beaucoup plus restreintes que dans les milieux précédents.

Rappelons 1° que la teneur de 100 litres d'acide carbonique (d'origine respiratoire) dans 100 mètres cubes d'air est considérée par la majorité des hygiénistes comme un maximum et nous appellerons successivement l'attention sur quelques milieux journellement fréquentés par la population parisienne où cette teneur est souvent dépassée.

a) Au début de la mise en service du réseau métropolitain, on avait supposé que la circulation intensive des rames permettrait un renouvellement suffisant de l'air des tunnels. Nos mesures anémométriques montrèrent qu'il n'en était rien et que dans les souterrains à voie double, l'air est simplement brassé sur place par le passage des rames et qu'en aucun cas, on n'enregistre un courant d'air permanent. Il en est autrement dans les tunnels où les rames ne circulent que dans un seul sens, dans un tunnel à voie unique (exemple : Boucle d'Eglise d'Auteuil-Mirabeau sur la ligne 8). Dans ces tronçons, l'anémomètre révèle la présence d'un courant d'air permanent dans le sens de la circulation à condition toutefois que les rames se succèdent à des intervalles suffisamment rapprochés. Les dosages d'acide carbonique opérés dès le début du fonctionnement de la première ligne métropolitaine (1900-Maillot-Vincennes) et continués par la suite montrèrent une viciation croissante de l'atmosphère et la nécessité d'une ventilation énergique qui fut réalisée à l'aide de baies d'aération dont les premières datent

de 1904. Ajoutons, pour être complet, que quelques ventilateurs sont également en service sur le réseau. Nos prélèvements opérés sur les lignes métropolitaines au fur et à mesure de leur livraison à l'exploitation nous ont permis de signaler les tronçons insuffisamment ventilés de noter les améliorations successives provoquées par l'ouverture des bouches d'aération.

Il est tout d'abord bon de souligner qu'à la reprise matinale du service (5 heures 30) à la suite de l'aération nocturne provoquée par la substitution de grilles aux portes pleines des stations, la teneur d'acide carbonique est très sensiblement la même dans le souterrain et dans l'air extérieur. Pendant la durée du service (5 h. 30 à 0 h. 30) les quantités d'acide carbonique variables avec l'affluence des voyageurs, l'aération du souterrain, dépassent fréquemment la teneur de 100 litres d'acide carbonique. Pour fixer les idées nous indiquerons ici la variation horaire de l'acide carbonique dans le tunnel Châtelet-Les Halles débouchant dans une station de correspondance où le trafic est extraordinairement intense.

Heures des prélèvements	Du 4 au 10 août 1921	Du 12 au 17 novembre 1921
	(Acide carbonique dans 100 m³ d'air.)	
5 h. 30	38 litres	42 litres
7 h. 30	69 —	100 —
8 h. 30	117 —	169 —
9 h. 30	125 —	145 —
10 h. 30	92 —	149 —
12 h.	84 —	149 —
13 h.	100 —	148 —
14 h.	74 —	31 —
15 h.	97 —	141 —
16 h.	111 —	147 —
17 h. 30	93 —	197 —
18 h.	94 —	173 —

Heures des prélèvements	Du 4 au 10 août 1921	Du 12 au 17 novembre 1921
	(Acide carbonique dans 100 m³ d'air.)	
18 h. 30	114 —	204 —
19 h.	10 —	212 —
19 h. 30	118 —	250 —
20 h.	128 —	236 —
22 h.	65 —	137 —
0 h. 30	55 —	98 —

Ainsi, dans le tunnel Châtelet-Les Halles et durant 14 heures, la quantité d'acide carbonique reste constamment supérieure à la valeur maximum acceptable Empressons-nous d'ajouter que cet exemple ne saurait être généralisé à l'ensemble du réseau, certaines lignes, tout au moins aux heures creuses, fonctionnent dans leur ensemble dans de bonnes conditions hygiéniques, c'est-à-dire que la quantité d'acide carbonique y reste constamment inférieure au 1/1.000 (Lignes Italie-Nation, Boulevard Exelmans-Chaussée d'Antin, Etoile-Italie-Gare du Nord, Opéra-Auteuil, Nation-Dauphine), d'autres présentent seulement quelques tronçons défectueux, le plus souvent situés dans le centre de la capitale où le nombre des bouches d'aération est limité par une question d'esthétique.

Il est rationnel d'ajouter que les proportions d'acide carbonique trouvées dans certains tunnels métropolitains peuvent se rencontrer dans d'autres milieux confinés et nous rappellerons que dans un rapport sur la salubrité comparée du métropolitain (1913) le docteur Cambier a cité de nombreuses analyses d'acide carbonique opérées dans différents lieux parisiens :

Imprimerie Parisienne : (80 litres, extrêmes 32-190).

Conseil de Préfecture (Salles d'audiences) : (83 à 115 litres).

Palais de Justice : (136 litres, extrêmes 72-212).

Hôpital de la Charité : (142 litres extrêmes 126-152)

Bal à l'Elysée : (222 litres, extrêmes 160-340).

Atelier de couture rue Auber : (458 litres).

Réunion publique : (523 litres).

Une mention spéciale doit être réservée aux quantités d'acide carbonique observées dans bon nombre d'écoles de la Ville de Paris. Les nombreux prélèvements opérés depuis 1904 ont fourni pour une moyenne de 40 enfants occupant des classes dont la capacité oscille entre 150 et 250 mètres cubes des teneurs d'acide carbonique comprises entre 140 et 350 litres dans 100 mètres cubes de l'atmosphère de la classe.

Cette question d'hygiène infantile a fait à nouveau l'objet d'une étude que nous résumerons brièvement : à la rentrée des écoliers, on note dans la classe la même teneur d'acide carbonique que dans l'air extérieur, cette teneur croît ensuite extrêmement vite pour atteindre au bout de 10 à 15 minutes le maximum acceptable puis l'accroissement continue mais plus lent et sous l'influence de la ventilation par les joints des portes et des fenêtres un équilibre s'établit très sensiblement au bout d'une heure de classe; la valeur d'équilibre nettement influencée par l'état de l'atmosphère des locaux avoisinants reste toujours élevée ainsi que le montrent les quelques exemples suivants ;

Vol. de la salle ..	187 m³	187 m³	208 m³	238 m³	270 m³
Nombre d'enfants	31	44	46	35	33
Heures des prélèvements	*Acide carbonique dans 100 m. c.*				
8 h. 35	46 l.	41 l.	47 l.	54 l.	67 l.
8 h. 45	100	123	95	113	95
9 h.	150		156	142	128
9 h. 15	171	196	183	168	147
9 h. 30	210	254	189	211	184
9 h. 45	229	291	197	238	206
10 h.	237	325	197	242	221

résultats qui soulignent à nouveau la nécessité d'une ventilation artificielle pendant la durée des classes.

Oxyde de carbone. — Parmi tous les appareils susceptibles de produire de l'oxyde de carbone, une mention spéciale doit être réservée au chauffe-bains qui brûle dans un temps relativement court un volume relativement élevé de gaz d'éclairage : ainsi le 13 février 1910, Monsieur J... fut retiré évanoui de sa baignoire et l'enquête du laboratoire montra que le chauffe-bains, après un fonctionnement de quelques minutes, introduisait dans l'atmosphère de la pièce une proportion de 1 /3.000 d'oxyde de carbone. D'une façon presque générale, on trouve dans le voisinage de ces appareils de petites quantités de gaz toxique, quantités qui sont restées comprises entre 1 /75.000 et 1 /10.000 dans les nombreux échantillons analysés au Laboratoire.

La production de gaz toxique par les chauffe-bains tient au refroidissement brusque de la flamme qui vient lécher l'appareil (serpentin ou système tubulaire) dans lequel circule l'eau froide. Quelques expériences sont sur ce sujet absolument probantes. Le docteur Cambier a comparé la teneur en oxyde de carbone des produits

de combustion d'un bec Bunsen brûlant librement avec excès d'air et celle du même bec dont la flamme se trouvait refroidie par un serpentin de plomb traversé par un courant d'eau froide. Les quantités d'oxyde de carbone trouvées sont respectivement 1/50.000 et 1/800 c'est-à-dire que le refroidissement de la flamme coïncide avec une production de gaz toxique 63 fois plus grande. Dans la flamme refroidie, l'oxydation des gaz carbonés combustibles s'arrête en partie au terme intermédiaire oxyde de carbone.

Ces faits expérimentaux expliquent la production d'oxyde de carbone par certains appareils utilisant le gaz, dans lesquels la flamme se trouve refroidie; outre les chauffe-bains, on peut citer les fourneaux de cuisine où l'on observe le même phénomène limité cependant au début du chauffage; dans les fours à gaz de boulangerie, dans lesquels on peut noter, 10 minutes après l'allumage, une proportion de 1/600 d'oxyde de carbone, proportion qui tombe au 3/1.000 après 30 minutes de combustion lorsque les parois du four sont notablement échauffées.

Les radiateurs à gaz évacuant directement dans la pièce les produits de la combustion ne sont pas à recommander, outre les quantités importantes d'acide carbonique qu'ils introduisent dans l'atmosphère, nos analyses révèlent en outre assez fréquemment des traces d'oxyde de carbone.

Parmi les autres appareils susceptibles d'introduire dans l'atmosphère de l'oxyde de carbone à doses variables nous rappellerons très sommairement : 1° les poêles à combustion lente qui sont de gros producteurs de gaz toxique; de plus, ces appareils fonctionnent ordinairement à tirage réduit de sorte que les gaz évacués

sont à une température peu élevée d'où possibilité de retour de gaz dans la pièce; 2° les cheminées, où l'oxyde de carbone peut provenir soit de fissures aux conduits de fumées soit de l'étanchéité insuffisante des récupérateurs de chaleur. Nous avons, de plus, fréquemment à vérifier le fonctionnement des calorifères à air chaud : nous opérons cette vérification en prélevant simultanément deux échantillons, l'un à la prise d'air, le second à l'une des bouches de chaleur. Si l'appareil fonctionne normalement, aucune trace d'oxyde de carbone ne doit être révélée par l'analyse du second prélèvement; mais, de plus, les quantités d'acide carbonique doivent être concordantes sur les deux échantillons.

Poussières et bactéries. — Ainsi que nous l'avons montré précédemment, infiniment diverse est la foule des corpuscules en suspension dans l'atmosphère, variant en qualité et en quantité suivant la nature du lieu, la saison et l'état hygrométrique de l'air.

Après le rappel de quelques résultats expérimentaux nous insisterons quelque peu sur la recherche du bacille de Koch dans les souterrains métropolitains.

Sous un même volume, la quantité de poussières recueillie à la campagne est inférieure à celle trouvée en ville; Tissandier a évalué à 8 mmgr. le poids des poussières contenues dans 1 mètre cube de l'atmosphère parisienne.

Des statistiques de l'Observatoire de Montsouris prouvent que le nombre des bactéries est plus élevé au centre de Paris qu'à sa périphérie.

Enfin, il apparaît bien que la pluie joue un grand rôle sur la teneur en poussières atmosphériques : « En temps humide ou de giboulées, la balance la plus sen-

sible est insuffisante pour apprécier le poids des débris variés contenus dans plusieurs mètres cubes d'air », nous dit à ce sujet le docteur Miquel.

Dans les atmosphères confinées où la pluie n'intervient pas, on peut observer de notables dépôts de ces poussières. Au début de 1904, dans un rapport à la Commission instituée pour procéder à l'étude de l'aération du métropolitain, le laboratoire signalait déjà que les mouvements tourbillonnaires produit par le passage des rames présentaient l'inconvénient de soulever les poussières accumulées sur le ballast et les parois des tunnels. Ces poussières augmentant avec le temps formaient des amas présentant une épaisseur de plusieurs millimètres. L'analyse montra qu'elles étaient formées d'un mélange de matières minérales (fer, silice, chaux) et de produits organiques amenés par les voyageurs et les lubréfiants des machines. Depuis que le balayage humide des quais est régulièrement opéré, la quantité de ces poussières a notablement diminué.

Observons qu'étant donné le nombre croissant d'êtres humains qui utilisent ce mode de transport et le personnel important appelé à y séjourner, on conçoit l'importance de la recherche des microbes pathogènes et en particulier du bacille de Koch dans les souterrains où la lumière solaire, agent microbicide par excellence, n'intervient pas.

a) *Recherche du bacille de Koch.* — Les poussières de balayage des quais de deux stations très fréquentées furent recueillies, tamisées et délayées dans l'eau stérile puis injectées sous la peau de cobayes qu'on avait au préalable immunisés contre les germes anaérobies.

Après deux mois d'observation, ces animaux furent sacrifiés, l'autopsie ne révéla aucune lésion tuberculeuse.

b) *Survivance du bacille.* — Nous avions disposé avec toutes les précautions désirables des lamelles de verre enduites de crachats riches en bacilles de Koch et nous les avons laissé séjourner des temps variables en divers points des souterrains. Après quoi, ces enduits étaient repris par un peu de sérum physiologique stérile et inoculé au cobaye.

Expérience I. — Frottis bacillaires exposés durant 17 jours station Saint-Paul (Ligne I) et station Rome (Ligne 2). Un cobaye inoculé avec le crachat initial ayant servi à préparer les deux frottis meurt au bout de 41 jours, ayant perdu 30 % de son poids et présentant des lésions tuberculeuses très étendues. Deux autres cobayes inoculés avec les enduits exposés 17 jours restent en bonne santé et présentent respectivement, 7 mois après l'inoculation, des augmentations de poids de 45 et 55 %.

Expérience II. — Des lamelles de verre sont enduites de parcelles d'un crachat riche en bacilles de Koch et tuberculisant nettement les animaux témoins. Ces lamelles sont partagées en deux lots; les unes restant exposées à la lumière du jour au Laboratoire, les autres sont disposées dans le souterrain où elles séjournent durant des temps variables; chaque jour, les enduits des lamelles provenant de l'un et l'autre lots sont inoculés à des cobayes. On constate qu'après 6 jours d'exposition à la lumière, les lamelles conservées au Laboratoire ont perdu toute virulence, tandis que cette

disparition de la virulence n'est observée qu'après 25 jours pour les lamelles placées dans le souterrain.

On peut en conclure que le bacille de la tuberculose introduit dans le souterrain par les crachats de certains voyageurs peut y conserver sa virulence pendant 3 à 4 semaines, soit trois à quatre fois plus longtemps qu'à la lumière du jour.

CONCLUSIONS

Les résultats précédents tout en nous permettant d'apporter notre modeste contribution à l'étude de l'hygiène urbaine, nous conduisent à préconiser certaines améliorations dont l'adoption contribuerait à assainir les atmosphères confinées.

I. Tout d'abord, on devra donner la préférence aux appareils de chauffage et d'éclairage qui ne sont pas susceptibles d'introduire dans l'atmosphère de l'oxyde de carbone. Il est permis à ce sujet 1° de recommander le calorifère central à eau chaude ou à vapeur d'eau, en spécifiant que le conduit de fumée sera extérieur à l'immeuble; 2° de compléter cette mesure en substituant l'éclairage électrique à l'éclairage au gaz.

II. La généralisation de ces mesures aura en outre pour effet de supprimer une source importante de gaz carbonique et nous n'aurons plus à envisager dans l'atmosphère confinée que l'acide carbonique d'origine respiratoire. Nous rappelons que les hygiénistes sont d'accord pour limiter à 100 litres dans 100 mètres cubes de l'atmosphère confinée la teneur de ce gaz. Pour ne pas dépasser cette teneur, on aura recours soit à la ven-

tilation naturelle, soit à la ventilation artificielle, plus efficace.

Nous trouverons sur le réseau métropolitain, un exemple particulièrement important de ventilation naturelle : des bouches d'aération d'abord peu nombreuses se sont peu à peu multipliées et sur les lignes récemment livrées à l'exploitation, on observe un gros progrès, notamment sur la ligne Invalides-Croix-Rouge, qui comprend sur son parcours d'environ 4.000 mètres, 9 baies d'aération, en même temps que dans la boucle Varenne-Invalides-Varenne à voie unique l'anémomètre révèle l'existence d'un courant d'air permanent provoqué par le passage des rames.

Dans les lieux habités, la ventilation ne doit pas être une cause de gêne pour les occupants et à cet effet il paraît désirable de combiner le chauffage et la ventilation. Notons à ce propos un système fonctionnant dans les écoles de construction récente, système qui s'inspire de ce dernier desiderata : les radiateurs à eau chaude sont coiffés d'une caisse métallique qui puise l'air froid par un évent extérieur et le rejette chaud dans l'intérieur de la classe, une bouche de ventilation éliminant l'air vicié.

III. Quant aux poussières, on devra éviter leur dissémination en prohibant le balayage, surtout à sec, le battage des tapis, des tentures dans les atmosphères confinées. Dans les locaux habités, il sera facile de capter les poussières à l'aide d'aspirateurs. Dans les lieux où le procédé n'est pas susceptible d'application, nous recommanderons le procédé suivant, déjà en usage sur le réseau métropolitain, et qui consistera à enrober les poussières à l'aide d'appareils enduits de produits

déliquescents et à procéder en outre à des lavages antiseptiques fréquents. Le nettoyage et la désinfection des quais des couloirs et accès aux différentes stations métropolitaines paraissent en effet actuellement suffisamment efficaces, puisque l'expérience indirecte montre que le bacille de Koch introduit dans le souterrain ne peut y survivre que trois à quatre semaines et que l'expérience directe opérée en inoculant les animaux avec la poussière recueillie sur les quais montre d'autre part, que lesdits animaux ne deviennent pas tuberculeux.

Ajoutons enfin que certaines industries ont fait appel au champ électrostatique pour collecter les poussières et que l'extension de ce procédé apporterait une notable contribution à l'assainissement de l'atmosphère confinée.

Vu et permis d'imprimer
Le Recteur
de l'Académie de Paris
P. APPELL

Vu
Le Doyen,
H. ROGER.

Vu
Le Président
DESGREZ

BIBLIOGRAPHIE

Armand Gautier. — Sur le dosage de l'oxyde de carbone **dilué** dans de grandes quantités d'air. (*C. R. A. S.* 1898).

— Action de quelques réactifs sur l'oxyde de carbone en vue de son dosage dans l'air des villes. (*C. R. A. S.* 1898). Méthode pour reconnaître et doser l'oxyde de carbone en présence de traces de gaz carburés dans l'air. (*C. R. A. S.* 1899).

— Les gaz combustibles de l'air (*Annales de Physique et de Chimie*, 1901).

Balthazard. — Précis de Médecine légale 1921.

Balthazard et Nicloux. — Coefficient d'empoisonnement dans l'intoxication mortelle oxycarbonée. (*C. R. A. S.* 1911).

Barbara Berson von Tokarsky. — Klinische Beitrage zur Lehre von der Kohlen oxydgas Vergiftung.

Bouyssy et Henriet. — Sur une mesure du degré de viciation d'une atmosphère confinée (*C. R. A.* S. 1911).

— L'origine de l'ozone et les causes de variation d'acide carbonique dans l'atmosphère (*Revue Générale des Sciences*, septembre 1908).

Boyle. — Mémoirs for a general history of the air.

Claude Bernard. — Leçons sur les substances toxiques et médicamenteuses.

— Leçons sur les anesthésiques et l'asphyxie.

Brouardel. — Asphysie par les gaz, les vapeurs et les anesthésiques.

Besnier. — Intoxication par le gaz d'éclairage à doses massive et réduite. (*Thèse de Médecine*, Paris 1906).

Cambier. — Enquête sur la salubrité comparée du Métropolitain, 1913.

— Etude de l'atmosphère souterraine des plantations d'alignement et des poussières déposées sur les feuilles (*Annales des Services Techniques d'Hygiène de la Ville de Paris*, 1922).

Cambier et Marcy. — Sur la production de l'oxyde de carbone par le gaz d'éclairage (becs à incandescence) *Id.*, 1922.

Courmont et Mouriquand. — L'intoxication oxycarbonée lente, ses symptômes frustes (*Bulletin Académie de Médecine*, 1910).

Desgrez. — La fixation de l'oxyde de carbone dilué dans l'air. (*C. R. A. S.* 1921).

— La protection individuelle contre l'oxyde de carbone. (*Id.*, 1921).

— Sur un procédé de détection de l'oxyde de carbone (*B. A. M.* 1919).

Dinoire. — La lutte contre l'oxyde de carbone pendant la guerre 1914-1918. (*Thèse de Médecine*, Paris 1920).

Glaister et Dale Logan. — Gas poisoning in mining and other industries (*Edinburg Livingstone*, 1914).

Grehant (N.). — L'oxyde de carbone. — Les gaz du sang.

Grehant (S.). — Recherche sur la détermination de la dose toxique d'acide carbonique chez les vertébrés. (*Thèse de Paris*, 1905).

Haggard (H. W.) **et Henderson** (Y.). — The treatment of carbon monoxyd poisoning. (*Journal of the american medical association*, 1921).

Hanriot. — Double cas d'asphyxie dans une fosse d'aisances. (*Conseil d'Hygiène Publique et de Salubrité*, 1902).

Houzeau. — Sur l'ozone atmosphérique. (*Annales de Chimie et de Physique*, 4e série. Tome 27).

Kohn Abrest. — Contrôle de la Salubrité de l'air des ateliers. (*La technique sanitaire et municipale*, 1919).

Levy-Valensi, Louis Claude, H. Rochard. — Un cas d'amaurose par intoxication oxycarbonée. Hémorragies juxta-papillaires. (*Société Médicale des Hôpitaux*, 1924).

Levy (Albert). — Annuaires de l'Observatoire Municipal de Montsouris 1873 à 1900.

Levy et Pecoul. — Dosage de l'oxyde de carbone dans les atmosphères confinées (*C. R. A. S.*, 1905).

Marcy (F.). — Etude critique des méthodes de dépistage et de dosage de l'oxyde de carbone dilué dans de grandes quantités d'air. (*Annales* 1922).

Miquel. — Observatoire Municipal de Montsouris, Années 1873 à 1900.

— Annales Observatoire Montsouris 1900 à 1910.

— Les organismes vivants de l'atmosphère (1883).

Miquel et Cambier. — Bactériologie pure et appliquée. (Paris, 1902).

Nicloux. — Dosage de l'oxyde de carbone contenu dans l'air à l'état de traces. (*C. R. A. S.* 1898).

— Sur l'oxyde de carbone du sang (*C. R. Société de biologie*).

— Sur la présence de l'oxyde de carbone dans le sang du nouveau-né. (*C. R. A. S.* 1901).

— Les lois d'absorption de l'oxyde de carbone par le sang in vitro et in vivo (*Journal de Physiologie et Pathologie Générale* 1914).

— Sur le dosage de l'oxyde de carbone dans l'air. (*B. Société Chimique de France* 1923).

Ogier et Kohn Abrest. — Précis de Toxicologie.

Pasteur. — Annales de Chimie et de Physique (Tome 64, 1862).

Rogues de Fursac. — L'intoxication oxycarbonée chronique. (*3e Congrès de Médecine Légale de Langue Francaise*, 1913).

Saint-Martin. — Etude sur la respiration.

Tissier et Girauld. — Asphyxie par le gaz d'éclairage d'une femme au terme de sa grossesse (*L'Obstétrique*, décembre 1909).

Imprimerie J. BIÈRE, 18-20-22, rue du Peugue. — Bordeaux